

II-360

海岸地下水の浸透流数値解析

京都大学防災研究所 正員 ○山下 隆 男
 東京電力株式会社 正員 赤村 重 紀
 京都大学防災研究所 正員 土屋 義 人

1. 緒 言: 1年から数年間を対象とした, いわゆる長期海浜変形には, 後背地の地下水位の変動が関係していることが指摘されている. さらに, 近年問題視されている海面上昇による地下水環境の変化に関連して, 沿岸域における地下水の流動特性を解析, 把握することは海浜変形のみならず沿岸環境問題として, 海岸工学の分野で取り扱わなければならない古くて新しい研究課題のひとつであると考え.

本研究では, wave set-up, 後背地の地下水位, 地盤特性および海浜断面形状に支配される海岸地下水の流動を解析することを目的とし, 砕波帯および後背地を含む砂層地盤内の2次元浸透流問題を定式化し, その有限要素法による数値計算法を示すとともに, wave set-up と後背地の地下水位とが浸透流特性に及ぼす影響を検討する.

2. 海岸地下水浸透流数値モデル: ここで提案するモデルは, 波浪による平均海面の変化(wave set-up/downモデル), 等角写像変換による要素生成法および浸透流モデルで構成され, これらの概要は以下に示すとうりである.

a) wave set-up/downモデル: 図-1に示す座標系において, shoaling & surf zoneでの波浪, 砕波変形と平均海面の変化を運動量およびエネルギー保存則より求める. この場合, 砕波帯内での定式化には Svendsen (1984)のモデルにouter regionおよびB.パラメータの表示を改良したものを, shoaling zone には線形波理論を適用したものをを用いる.

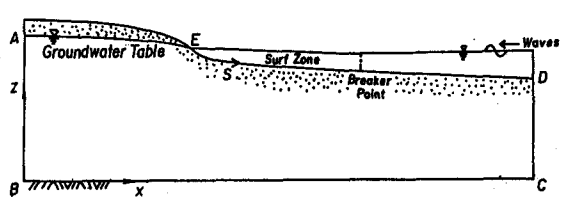


図-1 座標系, 境界面の記号および領域の分類

b)要素生成法: 浸透流の数値モデルとして有限要素法を用いる場合, 要素分割を的確に行う必要がある. ここでは, 任意の海浜断面形状を有する海浜と不透水層とから成る領域における分割を容易にかつ的確に行うことができるよう, Fourier 級数展開に基づく等角写像変換により, 実領域(ξ -plane)を, 図-2に示すように, 長方形領域(z -plane)に写像し, そこで三角形要素を設定し, これを実領域に再変換し, 要素を生成する方法を適用した. 詳細については紙面の都合上省略するが, 参考文献(Wanstrath 1976)を参照されたい.

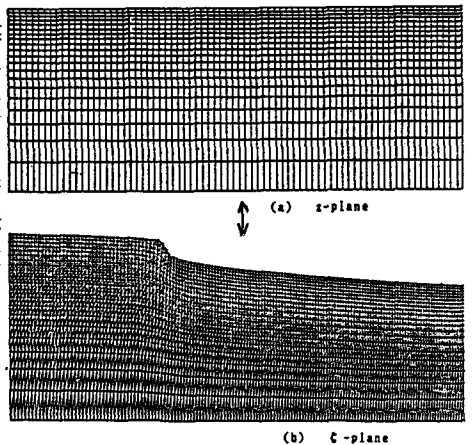


図-2 座標変換による要素生成

c)浸透流モデル: 通常用いられている浸透流解析手法をもちいる. Darcy 則を仮定した定常状態での基礎式は, 次のポテンシャル ϕ を用いて, 式(2)のLaplace 方程式となる.

$$\phi = k\left(z + \frac{p}{\rho g}\right) \quad \text{----- (1)}$$

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad \text{----- (2)}$$

ここに, k_x, k_z : x, z 方向の透水係数, p : 圧力, ρg : 海水の単位体積重量である. 式(2)を図-1に示す境界面において, 以下の境界条件下で数値計算を行う.

- AB（一定水頭）： $\phi = k H_{AB}$
- BC（不透水層）： $\phi_n = 0$
- CD（一定水頭）： $\phi = k H_{CD}$
- DE（wave set-up/downにより決まる水頭）： $\phi = k H_{DE}$
- EA（自由水面）： $\phi = k z$ および $\phi_n = 0$ である。

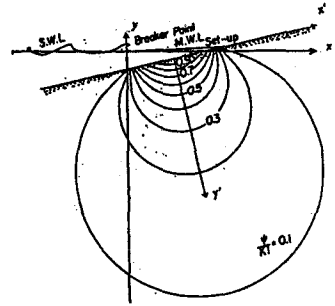


図-3 Longuet-Higgins の解

3. 計算結果および考察：砕波帯内での海岸地下水の浸透流解析は、Longuet-Higgins (1983)により無限砂層を仮定した一様海浜上での解析解（図-3）が示されており、最大 set-up 点で吸い込み、砕波点で吹き出しが恒常的に形成されることが指摘されている。ここでは、不透水層がある場合の解を、提案した数値モデルにより計算する。図-4(a)は wave set-up だけを考慮した場合、(b)は後背地の地下水位と wave set-up の両者を入れた計算結果である。上図は汀線を原点とした海底面に沿う法線流速分布、下図は砂層内流速ベクトルであり、 $k=1$ (cm/s)、砂層厚さ30m、海浜断面形状はDeanの平衡断面形状、後背地の地下水位の勾配 3/100を仮定している。一連の計算結果から得られる、浸透流の特性は、以下のように結論づけられる。

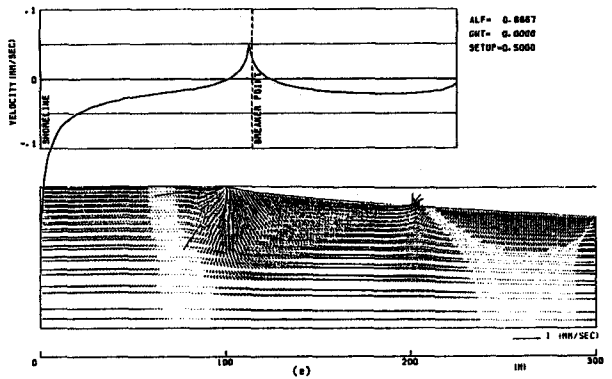


図-4(a) wave set-up だけを考慮した計算結果

- (1) 透水係数を大きめに見積ったとしても、波浪による浸透流速度は高々 0.2(mm/s)程度であり、汀線で最大の吸い込み、砕波点で吹き出しが生じる。
- (2) 後背地の地下水位の影響は波浪に比べて大きくなる可能性があり、ここに示した例では、約十倍で、全域に渡り吹き出しとなり、その分布は海浜断面形状に依存する。

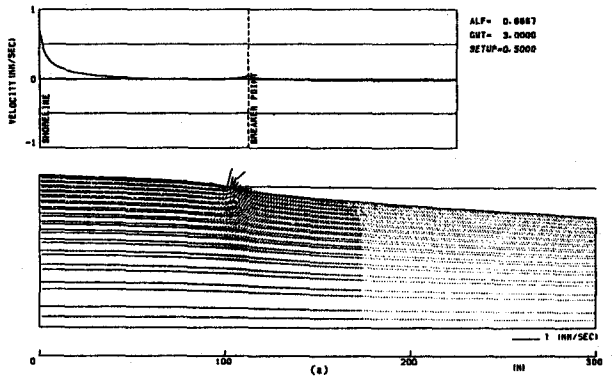


図-4(b) 後背地地下水位およびwave set-upを考慮した場合

4. 結 語：海岸地下水の浸透流解析のための数値計算法を示し、wave set-up/downおよび後背地の地下水位の影響が本モデルにより定量的に議論できることがわかった。今後、塩水・淡水境界および3次元場への拡張を行い、より実用的モデルへ改良することが望まれる。なお、有限要素法のプログラムコード化に際し、京都大学防災研究所 岡 太郎助教授より貴重な御助言を頂いた事を明記し、感謝の意を表する。

参考文献：Svendsen, I.A.: Coastal Engineering, Vol.8, 1984, pp.303-329.
 Wanstrath, J.J.: CERC Technical Rep. No.76-3, 1976, 176p.
 Longuet-Higgins, M.S.: Proc. Roy. Soc., London, A-390, 1983, pp.283-291.